



# **Sesi 1**

## **Dasar-dasar pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)**

Gambaran umum PLTS



# Topik pembahasan | Sesi 1

1. **Energi dan daya**
2. **Matahari** sebagai sumber energi
3. **Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)?**
4. **Potensi PLTS** di Indonesia
5. **Aplikasi teknologi PLTS** : On-grid dan Off-grid
6. **Studi kelayakan**



## Energi dan Daya | Defenisi

- **Energi  $[E] = [P \cdot t] = \text{Watt-hour}$** 
  - *Daya yang digunakan untuk melakukan kerja dalam waktu tertentu.*
  - *Energi tidak bisa diciptakan atau dimusnahkan.*
- **Daya  $[P] = \left[ \frac{E}{t} \right] = \text{Watt}$** 
  - *Jumlah energi yang dihabiskan per satuan waktu*



$P = 40 \dots 100 \text{ W}$   
 $E \text{ per jam} = 40 \dots 100 \text{ Wh}$



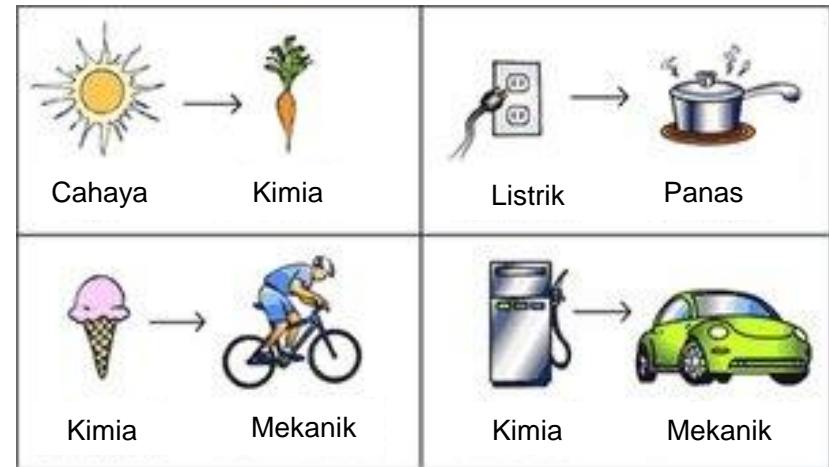
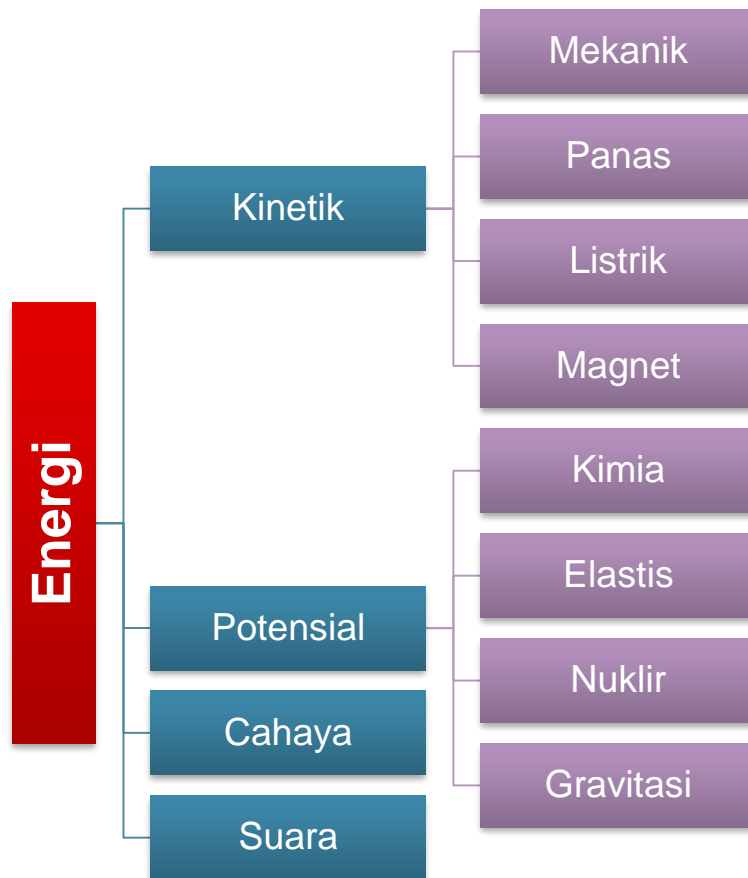
$P = 100 \text{ W}$



$E = 100 \text{ Wh/kg}$



## Energi dan Daya | Bentuk dari energi



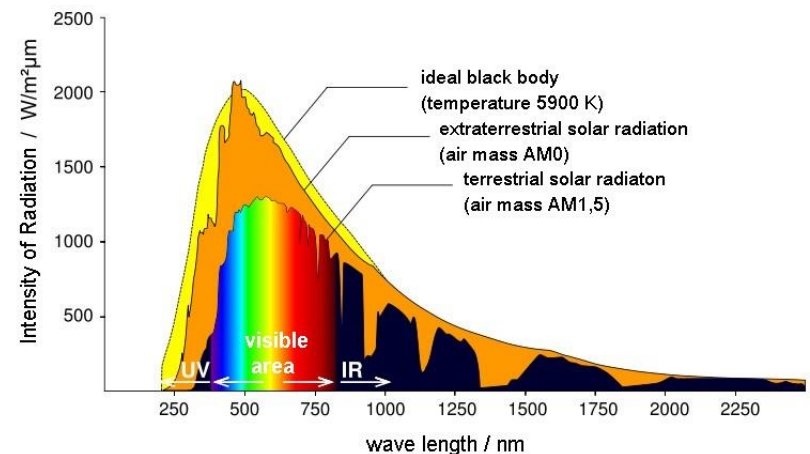
*Contoh konversi energi*





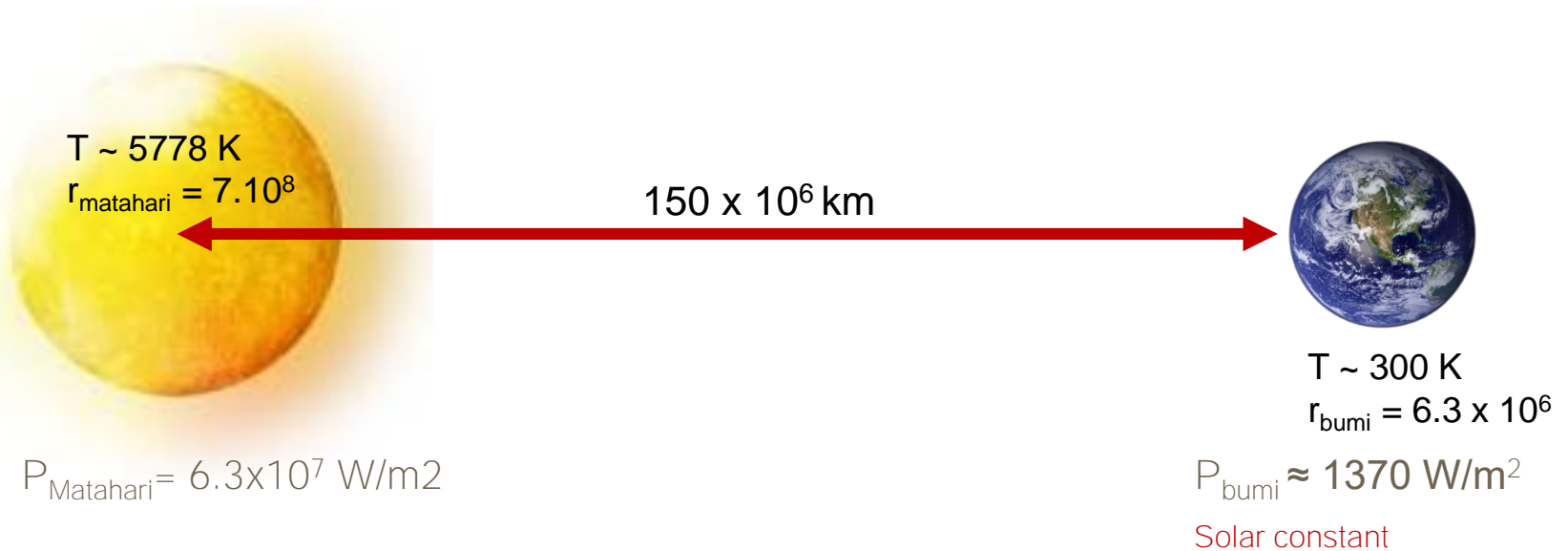
# Energi matahari berupa **cahaya atau panas?**

- ... atau Sinar matahari atau Radiasi matahari
- ... adalah radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari yang berupa sinar ultraviolet, cahaya terlihat, dan infra merah.





## Energi matahari | Radiasi yang diterima bumi

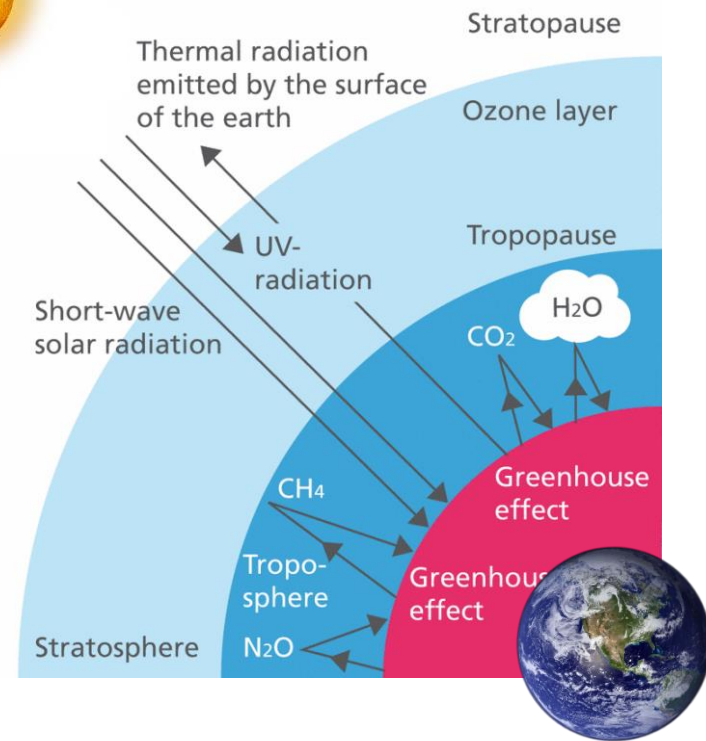
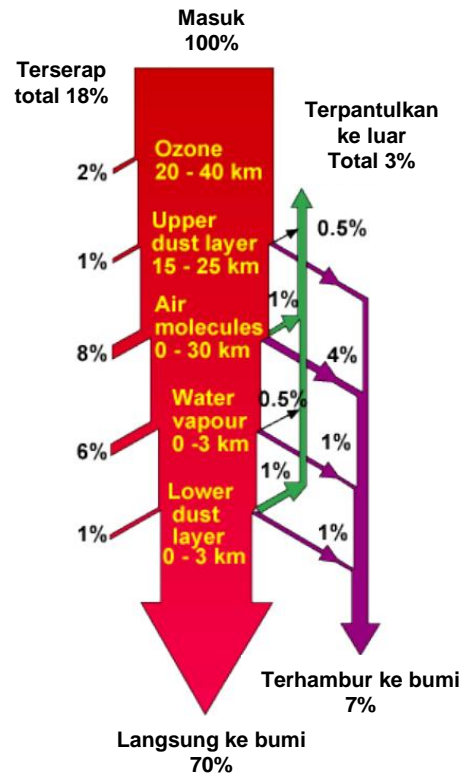


*Perkiraan kasar hanya berlandaskan pertimbangan geometri.  
Asumsi bahwa matahari adalah ideal dan bulat dengan jarak  
yang konstan dari bumi.*



# Energi matahari | Radiasi yang diterima di permukaan?

$$P_{\text{bumi},0} \approx 1370 \text{ W/m}^2$$



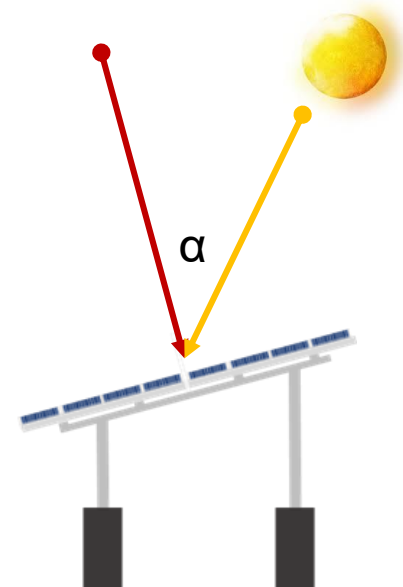
$$P_{\text{bumi}} \approx \frac{77}{100} \times 1370 \text{ W/m}^2 = 1054 \text{ W/m}^2 \text{ (Global Horizontal Irradiance)}$$

Sumber: [myclimate.org](http://myclimate.org), [pveducation.org](http://pveducation.org)



## Energi matahari | Sudut datangnya radiasi

- Insolation atau Incoming Solar Radiation bergantung dari garis lintang dan Musim
- Datangnya radiasi akan menentukan sudut kemiringan



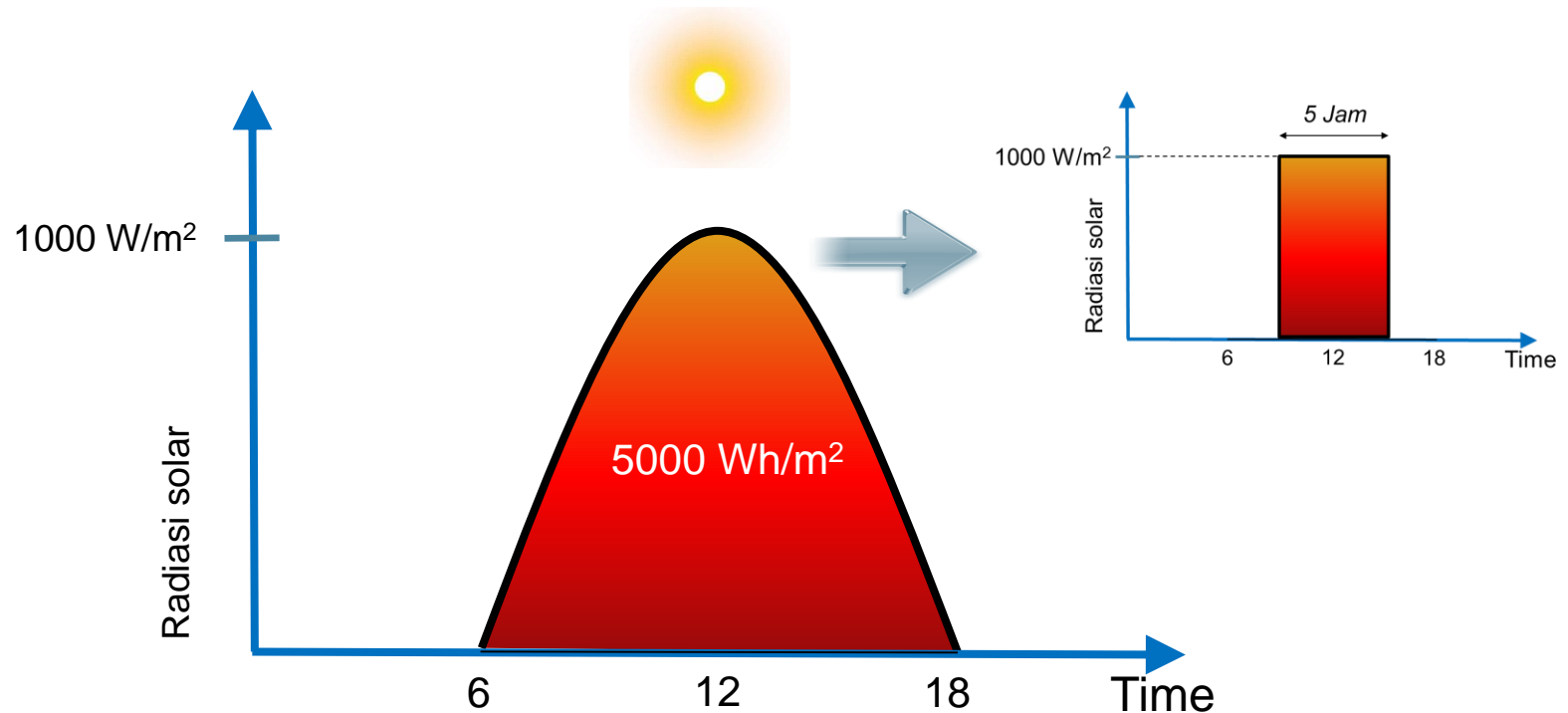
*Semakin sudut  $\alpha$  mendekati  $0^\circ$ ,  
semakin tinggi radiasi yang diterima.*





## Energi matahari | Perubahan radiasi dalam sehari?

- Area didalam kurva adalah jumlah radiasi dalam sehari dalam satuan  $\text{Wh/m}^2/\text{hari}$
- Area dalam kurva bisa juga disebut Peak Sun Hours atau durasi saat  $1000 \text{ W/m}^2$





## Energi matahari | Pembangkit listrik berbasis matahari



PLTS → Sinar matahari, Solar thermal → Panas



Pembangkit listrik tenaga air: Evaporasi dan transpirasi



Angin: Perbedaan temperatur → perbedaan tekanan → Angin



Bahan bakar fosil: Sisa kehidupan organik dari proses dekomposisi

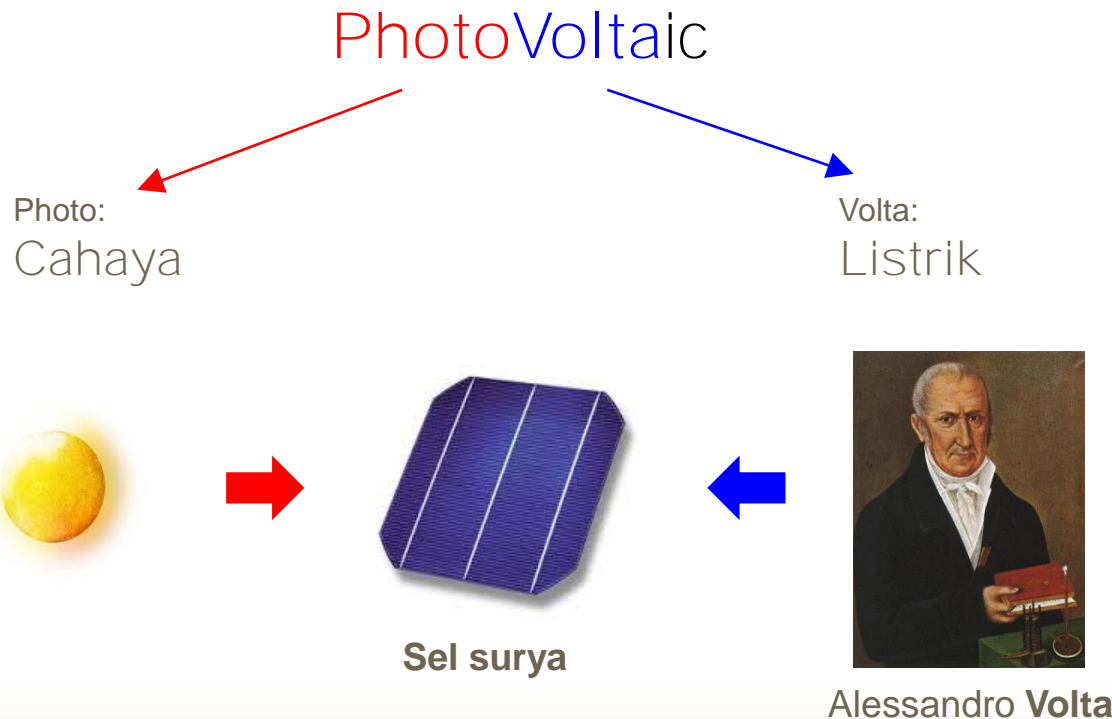


Biogas: Fotosintesis



## PLTS | Apa itu pembangkit listrik tenaga surya?

- ... adalah sistem pembangkit merubah cahaya matahari menjadi listrik dengan menggunakan **fotovoltaik**.



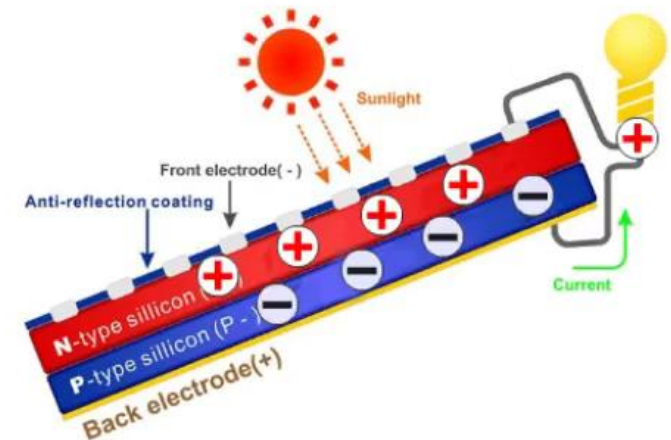


## PLTS | Struktur dan cara kerja fotovoltaik?

- Sel surya terdiri dari material semikonduktor *tipe n* (elektron) dan *tipe p* (hole) yang disatukan membentuk *pn junction*.

### Cara kerja:

1. Medan listrik terbentuk saat matahari menyinari sel surya
2. Cahaya diserap di zona sambungan antara tipe p dan tipe n, menyebabkan elektron bebas
3. Jika cahaya memiliki cukup energi, elektron akan dapat melewati medan listrik di junction dan bebas bergerak melalui silikon dan masuk ke sirkuit eksternal.
4. Saat melewati sirkuit eksternal, energi dilepaskan untuk menyalakan lampu dan kembali ke sel surya





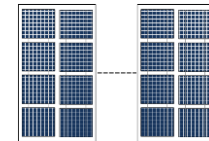
## Fotovoltaik | Mengapa PLTS?



Sumber energi  
gratis



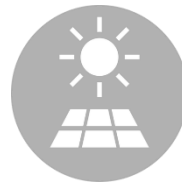
Ramah  
lingkungan



Fleksibel dan  
modular



Dapat dibangun  
mana saja



Radiasi matahari  
berlimpah

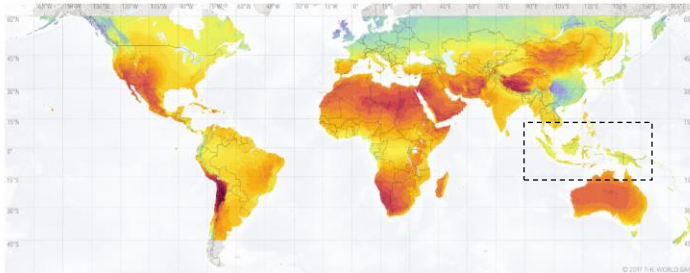


O&M murah dan  
mudah





## PLTS | Potensi PLTS di Indonesia?



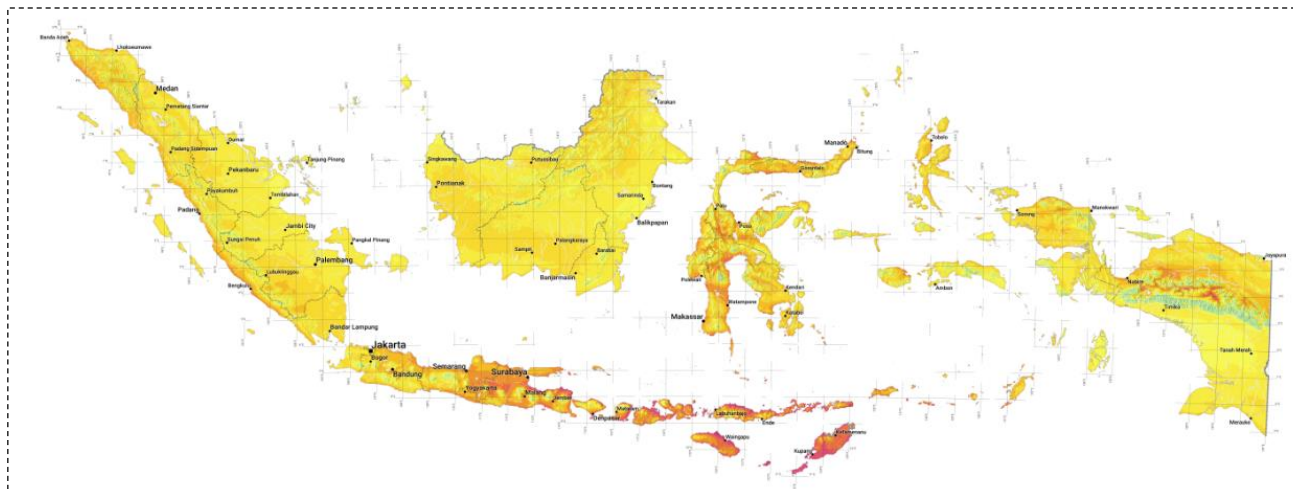
- Rata-rata energi keluaran harian **4.2 kWh/kWp**
- Rata-rata energi keluaran per tahun **1534 kWh/kWp**



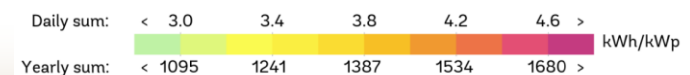
- Konsumsi energi tahun 2014\* = **199 TWh**
- Dibutuhkan **130 GWp = \*\*87000 km<sup>2</sup>** =  
**4% luas daratan Indonesia**

*\*\* 150 Wp per m<sup>2</sup>*

- 20 kWp → 84 kWh → **280 KK @ 300 Wh**



Sumber: [globalsolaratlas.info](http://globalsolaratlas.info), \*EBTKE, 2016





**Apa saja aplikasi sistem PLTS ?**

2015.10. 8 20:42



## Aplikasi | Klasifikasi sistem PLTS

# Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS  
Off-grid atau Stand-alone



PLTS On-grid



**PLTS  
Tersebar  
(SHS)**

**PLTS  
Terpusat  
Komunal**

**PLTS  
Hibrida**

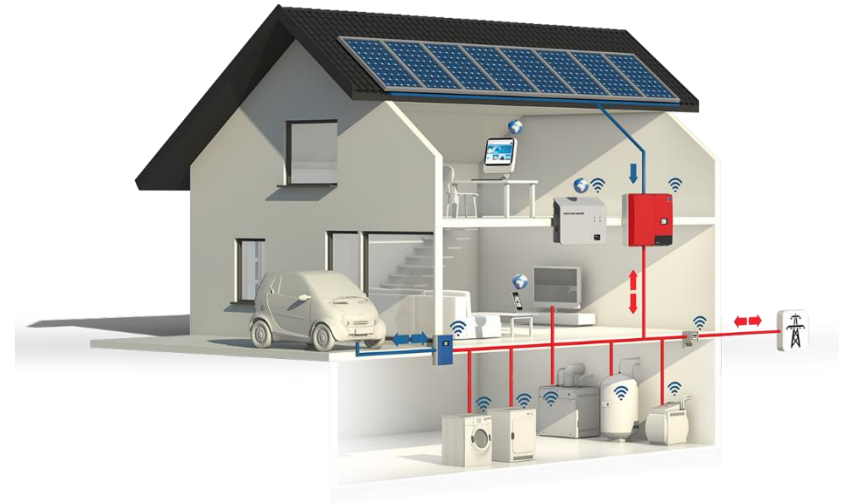
**PLTS  
Rooftop**

**PLTS  
Terpusat  
Skala  
Utilitas**

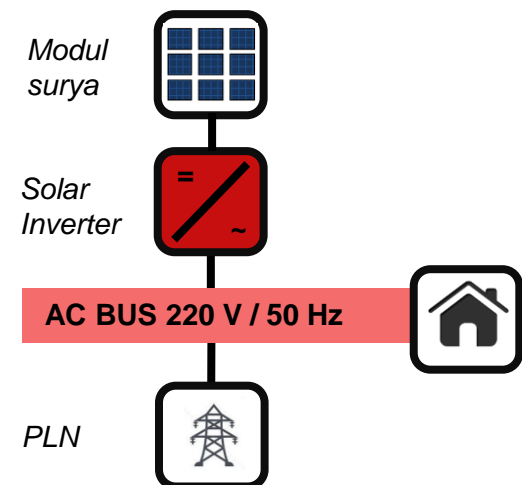


## Aplikasi | PLTS Rooftop

- ... Sistem PLTS di atap rumah tangga, perkantoran, atau pabrik
- Terhubung langsung ke jaringan PLN melalui **solar inverter**
- Saat daya dari PLTS **lebih dari** beban, **kelebihan daya** akan dikirim ke jaringan
- Jika daya PLTS **kurang dari** beban, **kekurang daya** akan disuplai dari jaringan
- Listrik dapat “dijual” dengan sistem **Net Metering** yang artinya menyimpan kelebihan energi untuk bulan berikutnya



Sumber: SMA





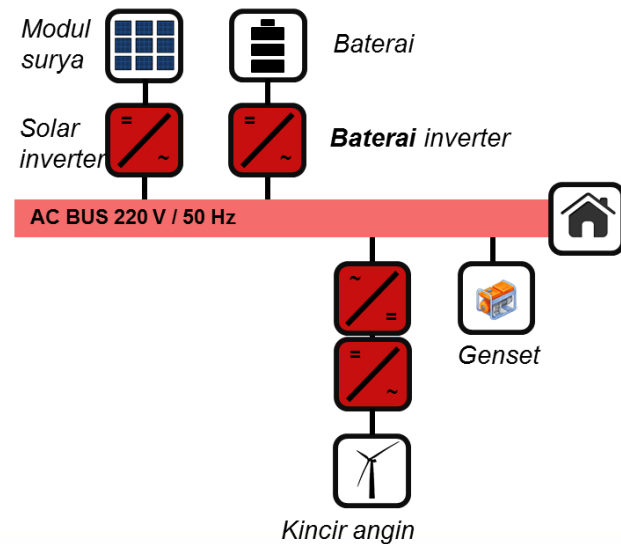


## Aplikasi | PLTS Hybrid

- Mengoptimalkan dan mensinergikan beberapa pembangkit untuk saling melengkapi, contoh: PLTS sebagai sumber utama dan PLTD sebagai cadangan
- Umumnya **PLTS**, pembangkit listrik tenaga diesel, mikro hidro dan kincir angin
- Tujuan: **Menghemat bahan bakar** dan **mengurangi kapasitas baterai**



**797 kW Solar-Wind-Diesel, Nusa Penida**

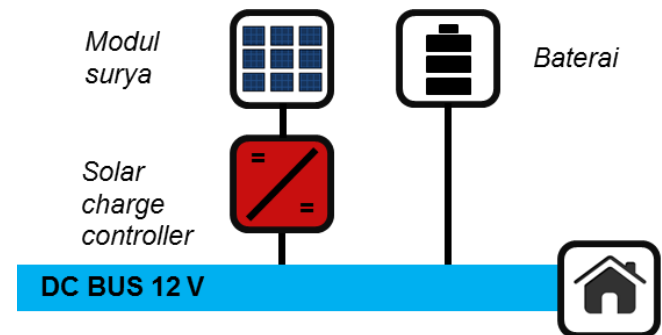






## Aplikasi | PLTS tersebar

- ... adalah PLTS yang terpasang disetiap rumah untuk kebutuhan listrik primer seperti **penerangan**
- Sistem DC dengan kapasitas **1 - 100 Wp**. Cara kerja hampir sama dengan PJU.
- Tidak terhubung dengan jaringan PLN dan **menggunakan baterai**
- Saat daya dari PLTS **lebih dari** beban, **kelebihan daya** akan dikirim ke baterai
- Jika daya PLTS **kurang dari** beban, **kekurang daya** akan disuplai dari baterai



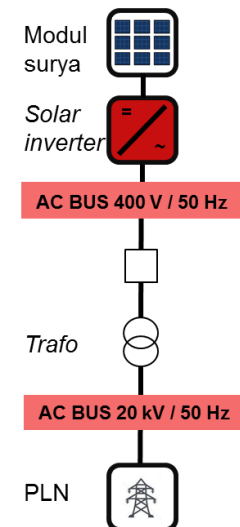


## Aplikasi | PLTS Terpusat Skala Utilitas

- ... adalah sistem PLTS skala besar ( $\geq 100 \text{ kWp}$ ) dengan skema Individual Power Producer (IPP) berdasarkan Feed-in tariff (FIT)
- Terhubung langsung dengan jaringan PLN melalui **solar inverter skala besar**
- **Daya dari PLTS akan selalu masuk ke jaringan** selama jaringan memadai



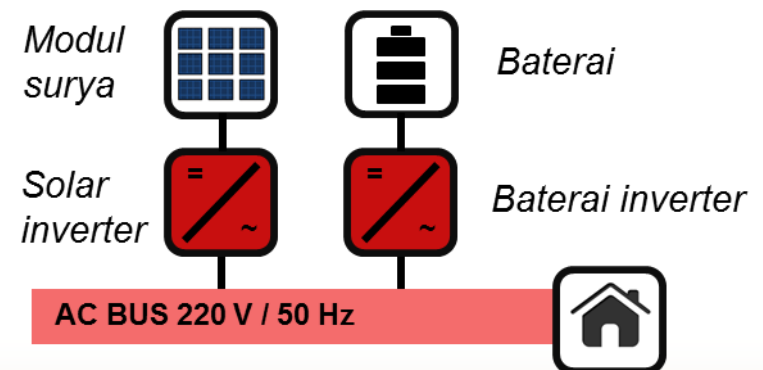
5 MW PLTS Kupang, NTT





## Aplikasi | PLTS terpusat komunal

- ... adalah Sistem PLTS Off-grid untuk sekelompok masyarakat
- PLTS dipasang di **tempat terpusat** dan listrik dibagikan melalui jaringan distribusi
- Sistem AC dengan kapasitas  $\geq 15$  kWp dan menggunakan baterai untuk kebutuhan malam hari
- Saat daya dari PLTS **lebih dari** beban, **kelebihan daya** akan disimpan ke baterai
- Jika daya PLTS **kurang dari** beban, **kekurang daya** akan disuplai dari baterai





**Aspek yang perlu dipertimbangkan saat studi kelayakan: lokasi, beban, dan potensi**







## Studi kelayakan | Lokasi pembangkit

- **Lokasi pembangkit**
  - Luas lahan → Minimum 15 m<sup>2</sup>/kWp
  - Rencana masuknya jaringan PLN
  - Investigasi situasi bayangan yang disebabkan oleh pohon yang ada dan yang akan tumbuh
  - Resiko banjir dan bencana alam lainnya seperti longsor

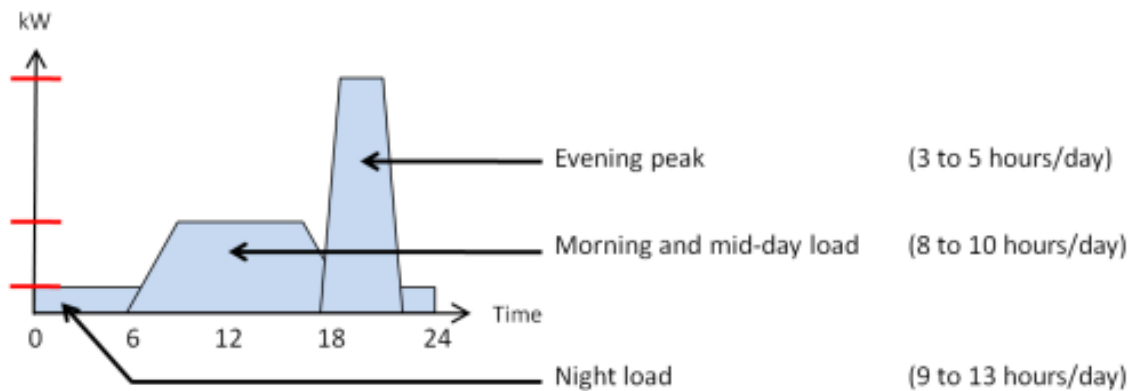






## Studi kelayakan | Perhitungan beban

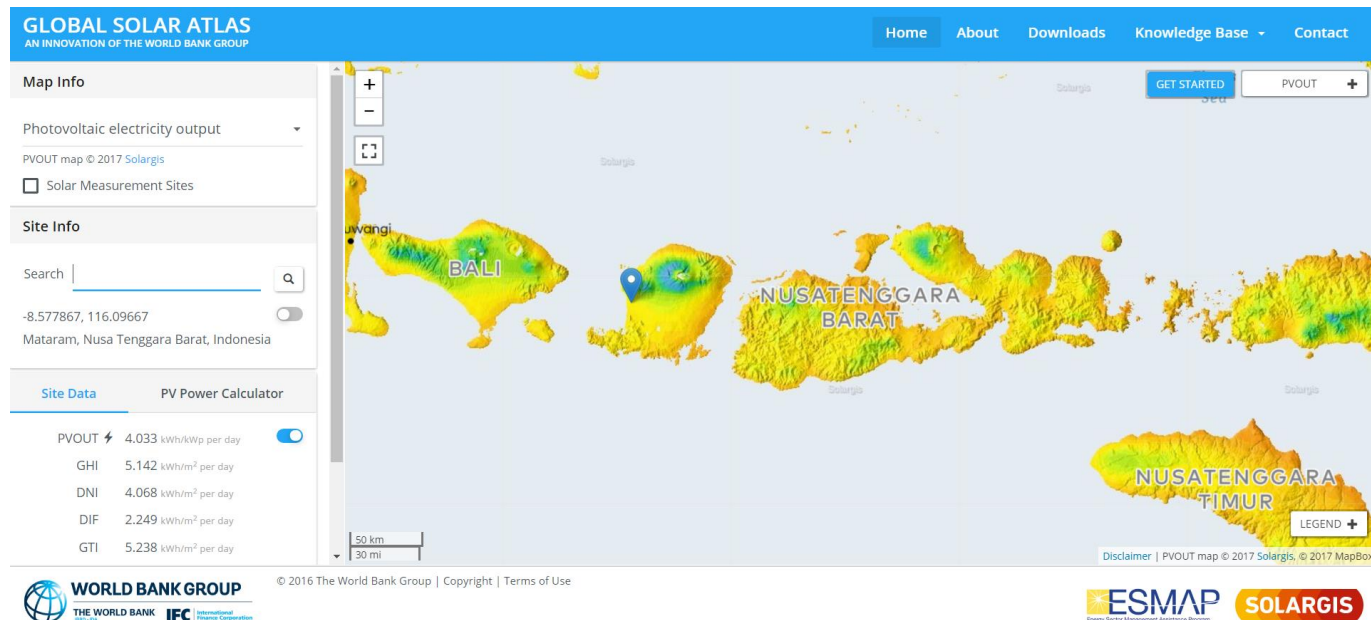
- Untuk mengetahui motif dari pemakaian listrik di suatu rumah atau desa
  - Wawancara dengan pemilik rumah atau warga tentang pemakaian energi
  - Melakukan pengukuran secara langsung konsumsi listrik dari setiap rumah
  - Mendapatkan data yang akurat data dari desa yang sudah teraliri listrik
  - Memberi faktor kali untuk perkiraan perkembangan desa untuk 1- 5 tahun kedepan
- Contoh load profile untuk menghitung daya maksimum dan total energi yang diperlukan:





## Studi kelayakan | Potensi iradiasi

- Beberapa cara untuk mengetahui potensi suatu tempat:
  - Pengukuran radiasi minimum satu tahun dengan menggunakan pyranometer
  - Menggunakan data satelit atau data terdahulu seperti data NASA atau Solar Atlas (<http://globalsolaratlas.info/>).





# Terima kasih

Ada pertanyaan?



## Pendidikan Kita Hari Ini

'Setiap orang itu jenius, namun jika anda menilai  
ikan dari kemampuannya memanjat pohon, dia  
akan meyakini sepanjang hidupnya bahwa dia itu bodoh'  
-albert einstein-

Disusun oleh: Bagus Ramadhani | bagus.ramadhani@giz.de